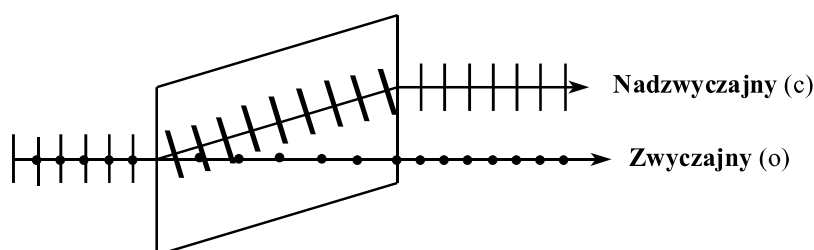


Załamanie podwójne (dwójłomność)

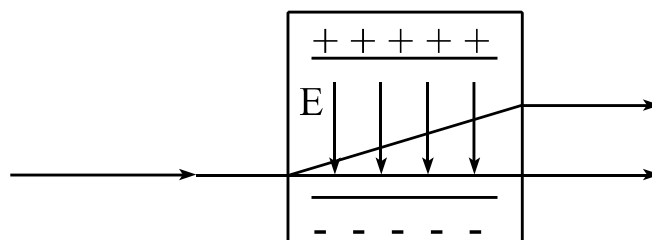
Istnieją pewne kryształy (np. kalcyt, czyli węglan wapnia – CaCO_3 lub szpat islandzki, czyli tzw. pryzmat Nicola), które posiadają bardzo interesujące własności optyczne. Wiązka niespolaryzowanego światła padająca na taki kryształ rozszczepia się na dwie wiązki spolaryzowane we wzajemnie prostopadłych płaszczyznach. Załóżmy, że promień światła niespolaryzowanego pada prostopadłe do powierzchni kryształu dwójłomnego (patrz rysunek poniżej). Rozszczepia się on wewnątrz kryształu na dwa promienie: zwyczajny (spełniający prawo załamania) oraz nadzwyczajny (nie spełniający prawa załamania). Obracając kryształ dwójłomny wokół promienia padającego, zauważymy także obrót śladu promienia nadzwyczajnego na ekranie. Kryształy tego typu są przykładem ośrodków optycznie anizotropowych. Są używane do wytwarzania światła spolaryzowanego.



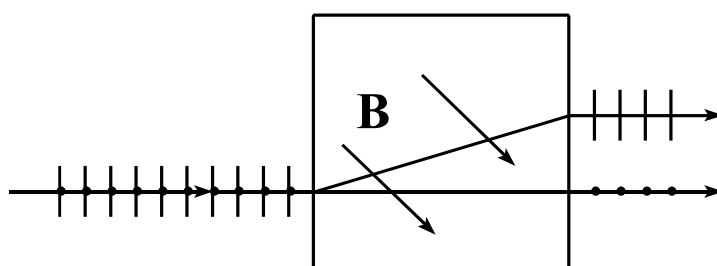
Promień światła niespolaryzowanego rozszczepia się w kryształ dwójłomnym na dwa promienie spolaryzowane w dwóch wzajemnie prostopadłych płaszczyznach (promień zwyczajny i nadzwyczajny). Promień zwyczajny spełnia prawo załamania, zaś promień nadzwyczajny – nie.

Okazuje się, że anizotropia optyczna może być wywołana w ciekłych dielektrykach przez pole elektryczne. Jest to tzw. efekt Kerra (wykryty w roku 1875). Stwierdzono, światło spolaryzowane przechodząc przez taki dielektryk zostaje rozszczepione na dwie wiązki – promień zwyczajny i nadzwyczajny. Dla światła monochromatycznego różnica współczynników załamania dla promienia zwyczajnego (n_o) i nadzwyczajnego (n_e) jest proporcjonalna do E^2 (E jest natężeniem pola elektrycznego): $n_o - n_e = kE^2$. Przykładowymi substancjami, w których ten efekt występuje to np.: chloroform i benzen.

Kondensator Kerra



Stwierdzono również, że niektóre ciecze umieszczone w polu magnetycznym \mathbf{B} uzyskują własności podobne do jednoosiowych kryształów podwójnie łamiących (jest to efekt Cottona-Moutona). Kierunek osi optycznej pokrywa się w tym przypadku z kierunkiem pola \mathbf{B} . Stwierdzono, że różnica współczynników załamania promieni zwyczajnego i nadzwyczajnego wynosi: $n_o - n_e = CB^2\lambda$, gdzie λ jest długością fali światła, zaś C – stałą.



Polaryzatory

Efekt podwójnego załamania wykorzystywany jest do wytwarzania światła spolaryzowanego. W celu uzyskania jednej tylko wiązki światła spolaryzowanego, trzeba drugą wiązkę usunąć (promień zwyczajny lub nadzwyczajny). Realizuje się to w praktyce w pryzmacie (Nicola lub Wollastona) oraz w polaroidzie. Pryzmat Nicola wykonuje się z dwóch części kryształu kalcytu (sklejone są balsamem kanadyjskim); promień zwyczajny odbija się od płaszczyzny sklejenia i jest wyeliminowany, zaś wykorzystany jest promień nadzwyczajny. Pryzmat Wollastona wykonany jest poprzez sklejenie ze sobą pryzmatów z kalcytu i ze szkła. Kryształ turmalinu jest przykładem polaroidu; zachodzi w nim silna absorpcja promienia zwyczajnego, zaś używany jest wychodzący promień nadzwyczajny. Innym polaroidem jest kryształ herapatytu (kwaśny siarczan jodochininy).

Polaryzatory mogą służyć także jako analizatory (w celu określenia płaszczyzny polaryzacji światła). Jeśli umieścimy dwa płaskie polaroidy jeden na drugim i skierujemy na nie wiązkę światła, to przekręcając jednym z nich, przechodzące światło będzie cyklicznie przepuszczane lub absorbowane.

Skreślenie płaszczyzny polaryzacji

*) Przy przejściu światła liniowo spolaryzowanego przez pewne kryształy lub roztwory, płaszczyzna polaryzacji ulega skreśleniu. Kąt skreślenia tej płaszczyzny możemy wyznaczyć umieszczając badaną substancję pomiędzy polaryzatorem i analizatorem. Przykładową substancją wywołującą skreślenie płaszczyzny polaryzacji światła jest roztwór cukru w wodzie. Stwierdzono, że kąt skreślenia płaszczyzny polaryzacji opisać można następującą relacją:

$$\alpha = kcl \quad (34)$$

gdzie l jest grubością warstwy cieczy, c jest koncentracją roztworu, zaś k jest współczynnikiem charakteryzującym dany materiał (zwanym zdolnością skreślenia płaszczyzny polaryzacji). Typowy kąt skreślenia jest rzędu dziesięciu lub nawet kilkudziesięciu stopni. Na podstawie tej relacji, badając kąt skreślenia płaszczyzny polaryzacji, wyznaczyć można koncentrację danego roztworu (np. stężenie cukru w wodzie). Bardzo ciekawe jest to, iż płaszczyzna polaryzacji może być przekręcona prawo- lub lewoskrętnie (w zależności od kierunku obrotu). Istnieją, np., prawo- i lewo skrętne kryształy kwarcu. Roztwór cukru gronowego daje skreślenie lewoskrętne, zaś buraczanego – prawoskrętne (a zatem dzięki temu efektowi możemy zidentyfikować typ cukru).

**) Niektóre ciała (np. szkło lub siarkowodór) skręcają płaszczyznę polaryzacji, jeśli równoległe do biegu wiązki światła przyłożymy pole magnetyczne \mathbf{B} (jest to efekt Faradaya, odkryty przez niego w roku 1846). Kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji opisuje zależność:

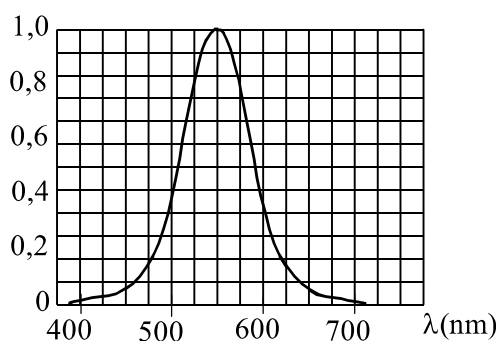
$$\alpha = \omega B l \quad (35)$$

gdzie l jest grubością warstwy substancji, zaś ω jest stałą charakterystyczną dla danego materiału (stała Verdet); przykładowo dla szkła optycznego $\omega = 7 \times 10^{-5} \text{ m/Wb}$.

Fotometria

Fotometria zajmuje się charakterystyką ilościową natężenia światła widzialnego, szczególnie w aspekcie jego rejestracji przez oko ludzkie.

Poniżej pokazano jak czułe jest oko ludzkie w zakresie światła widzialnego. Największa czułość przypada na światło koloru zielonego, przy długości fali około 555 nm. W związku z silną zależnością czułości oka od długości fali, w wielu zagadnieniach wykorzystuje się poniższą zależność (podobnie charakteryzowaliśmy czułość ucha ludzkiego na różne częstotliwości dźwięku). Rozróżnia się, zatem fotometrię energetyczną (definiującą obiektywnie wszystkie wielkości) oraz fotometrię wizualną (gdzie bierze się pod uwagę zdolność widzenia różnych barw przez oko).



Czułość oka ludzkiego na różne długości fali świetlnej

A oto trzy podstawowe wielkości definiowane w fotometrii:

Natężenie źródła światła (I)

Natężenie źródła światła definiujemy jako:

$$I = \frac{\Delta W}{\Delta t \Delta \Omega} \quad (36)$$

czyli jako energię wysyłaną przez źródło, przypadającą na jednostkę czasu i na jednostkę kąta bryłowego (albo też jako moc na jednostkę kąta bryłowego). Jednostką natężenia jest *kandela* (cd): jest to natężenie źródła, które wysyła promieniowanie monochromatyczne o długości fali $\lambda = 555 \text{ nm}$ (albo o częstotliwości $f = 540 \times 10^{12} \text{ Hz}$) i o mocy $1/683$ wata (czyli 1.47 mW) w kąt bryłowy jednego steradiana.

Oczywiście chcąc widzieć subiektywnie tak samo jasno inny (niż zielony) kolor światła, musimy powiększyć rzeczywistą moc źródła o odpowiedni czynnik, uzyskany na podstawie powyższego wykresu czułości oka ludzkiego.

Strumień świetlny

Definiujemy go jako całkowitą moc niesioną przez falę, propagującą się w kąt bryłowy Ω_0 :